8 Phys 2030/15

Vergleichende

Würdigung der Verdienste

Desaguliers, 'sGravesande's

und

P. van Mussenbroek's

um die

Experimentalphysik.

Ein

Beytrag zur Geschichte

der

Physik

von

Dr. Wilh. Mair.

Gekrönte Preisschrift.

Diss. 2030 (15

<36636772960010 S

<36636772960010

Bayer. Staatsbibliothek

Vergleichende Würdigung

der Verdienste

J. Th. Desaguliers, W. 's Gravesande's

und

P. van Mussenbroek's

um die Experimentalphysik.

Gekrönte Preisschrift

von

Dr. Wilhelm Mair.

Multi pertransibunt, et augebitur scientia.

München,
in Commission der Jos. Lindauer'schen Buchhandlung.

1834.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Den

würdigen Gliedern

der

Philosophischen Facultät

zugeeignet.

Toutes les connoissancès que nous avons de la nature sont appuyées sur des faits : une physique dénuée d'observations et d'experiences, n'est qu'une sciencè de mots et un jargon inintelligible.

Dèsaguliers.

Geschichtlich Einleitendes.

Ein gedrängter Ueberblick der Geschichte der Physik, ehe die würdigen Veteranen derselben: Desaguliers, 's Gravesande und Mussenbroek in ihr auftraten, muss uns bey Behandlung unserer Aufgabe immer Vortheil gewähren, da wir die Verdienste dieser Physiker desto leichter würdigen können, wenn es uns immer vor Augen bleibt, was vor ihnen in ihrer Wissenschaft geleistet worden, und wir werden dann, überzeugt von dem Vielen, was wir ihnen zu danken haben, auch in unsern Tagen, in denen die Fortschritte der Naturwissenschaften manchen Fehltritt dieser Männer erwiesen haben, und deren Verdienste immer mehr verdrängen, um so weniger gegen diese redlich bemühten Forscher ungerecht seyn, da die Namen Desaguliers, 's Gravesande und Mussenbroek in der Geschichte der Naturforschung zusehends in dunklere Vergangenheit zurücktreten.

In den ältesten Zeiten fiel das, was wir Naturwissenschaft nennen, ganz mit der Philosophie zusammen; diese war speculative Cosmogenie. Doch bald schied sich die philosophische Betrachtungsweise in mehrere gesonderte Richtungen, und es wurde, wie im Gebiete der Astronomie die Ptolemäische Weltordnung, und in der Medizin die Galenische Lehre, Aristoteles in den physischen Wissenschaften für Jahrhunderte bleibende Autorität.

Doch hatten schon im 12ten Jahrhunderte die Lehrvorträge geistreicher Männer, über Theologie und Philosophie zu Paris, über Römisches und Kanonisches Recht zu Bologna und über Arzneikunde zu Montpellier und Palermo, Jung und Alt an sich gezogen, und den Kreis des Wissens um Vieles erweitert. Da traten in der letzten Hälfte des 16ten Jahrhunderts, gleichsam vorbereitend das für die Geschichte des menschlichen Geistes ewig denkwürdige 17te Jahrhundert, die sogenannten Novatoren der Physik auf, deren Lehrmeinungen Sibers und Rixners verdienstvolles Bemühen*) uns vorgelegt, und in diesen sehen wir einen Telesius, Patri-

*) Leben und Lehrmeinungen berühmter Physiker etc. herausgegeben von Th. A. Rixner und Th. Siber. VII Hefte. Sulzbach 1819 — 1826.

cius, Cardan, Paracelsus u. A. die alte Lehre bekämpfen. Doch bewirkten sie nicht so bald den Sturz der alten Scholastik. Selbst noch zu sehr in den theosophischen und alchymistischen Träumereyen ihrer Zeit befangen, war des Haltbaren zu wenig, das sie ihr entgegenzusetzen hatten, und so war ihnen die Verdrängung der Aristotelischen Lehren um so schwieriger, da, wie Steffens richtig bemerkt, „die einmal herrschend gewordene Naturansicht Einfluss äussert auf alle Richtungen des Lebens und Erkennens ihrer Zeit.“ —

Doch mit Descartes Philosophie begann eine neue Epoche. Die bequeme Metaphysik der Peripatetiker war zwar noch nicht völlig verdrängt, und Baptista Porta glaubte noch immer, dass Sympathie das Eisen an den Magnet fessle; aber man war durch Descartes zur Anerkennung eines Unterschiedes des Geistigen und Materiellen gekommen, und aufgefodert von Baco von Verulam fing man an mehr an der Hand der Erfahrung zu gehen. Da nun mit jedem neuen Versuche sich das viele Gehaltlose der bisherigen Ansicht immer deutlicher zeigte, trat auch das Interesse für die Empirie immer mehr hervor. Doch wurde es den Physikern schwer bei zwey mehr und mehr von einander sich entfernenden Richtungen auf der goldenen Mittel-

strasse zu bleiben; denn, indem die Einen, sich stützend auf eine noch dazu nicht immer richtige Erfahrung in Induktionen und Analogien sich verloren und bei ihren Erklärungen der Phänomene in ein Gebiet hinüber traten, das des festen Grundes für Beobachtung und Erfahrung entbehrte — blieben die Anderen bey einer einmal gemachten Erfahrung stehen, so dass ihre Physik eine ganz mechanische bleiben musste. Ein Beispiel gibt Mersennes Erklärung des Saugens. Obwohl er schon vom Drucke der Luft wusste, stellt er sich dennoch die Lufttheilchen als kleine Häckchen vor, die das Wasser in die Höhe zögen; oder ein anderer Beleg für unsere Behauptung sind jene Physiker, die, einmal vom Drucke der Luft überzeugt, durch diesen alle Phänomene der Cohäsion bewirkt denken, und überhaupt in der Natur nichts anderes mehr sehen, als ein ewiges Drucken und Stossen!

Lange konnte, wie natürlich bei einem einmal angeregten Eifer, die Physik nicht so ohne innern Zusammenhang bleiben. Je weiter man in Erklärungen und Folgerungen auseinander fiel und sich widersprach, desto näher rückte durch eindringlichere Forschung die Zeit einer Vereinigung. Die Entdeckungen, theoretische und praktische, eines Galilaei, Otto v. Guerrike, Boyle u. A. hatten der Er-

forschung der Natur Wege geöffnet, die bald als die einzig wahren und zuverlässigen erkannt wurden. Als die Experimente häufiger geworden, verschwand der horror vacui eben so schnell, wie die levitas positiva der Scholastiker und Gassendi's kaltmachende Materie. Wie hätten auch die früheren Physiker an den Druck der Luft, einer so feinen, flüssigen Materie denken können, da sie den Irrthum hegten, das Wasser drucke nicht im Wasser! Und als Galilaei's Gesetze des Falles die ganze Lehre der Bewegung änderten, musste wohl auch die Lehre der Pendelbewegung eine andere Gestalt erhalten, als sie bei den Peripatetikern hatte, und die bisher geltenden Begriffe der Trägheit mussten als falsch erkannt werden, nachdem die Gesetze des Stosses durch Wallis, Wren und Huygens bestimmt worden.

So war denn auf dem Wege des Experiments das Hauptsächlichste dessen gehoben, was dem Fortschreiten der Physik bisher fremd im Wege lag; man strebte die Lücken auszufüllen, die sich, je weiter man kam, desto fühlbarer machten, und überzeugte sich schon damals aus den im Verhältnisse zu den unsrigen gewiss nicht sehr zahlreichen Erfahrungen von dem innigen Zusammenhange der Phänomene, der das Bedürfniss, sie unter allgemeine Gesichtspunkte zu bringen, immer mehr wünschen liess.

Das 17te Jahrhundert hatte nun begonnen, und erfüllte die Erwartungen, zu denen die letzte Hälfte des verflossenen berechtigt hatte; denn noch in keinem Jahrhunderte schritt das menschliche Wissen so kühn voran, den wohlthuendsten Einfluss äussernd auf das Leben und Treiben der Völker.

Durch die Erfindung der Fernröhre ward dem menschlichen Auge die Tiefe des Himmels näher gebracht, und Hook's, Malpighi's, Leuwenhoek's u. A. mikroskopische Naturbetrachtung erschloss im Gebiete der Botanik, Zoologie und Anatomie eine neue Welt zur Erforschung*). Die Medizin hatte sich gehoben, seit Harvey's wichtiger Entdeckung des Blutumlaufes, und der astronomische Calcul verdankt Neper's Logarithmen grosse Erleichterung. Huygens, indem er die Pendelschwingungen zum Zeitmaasse benützte, veranlasste jene Untersuchungen, die die Gestalt und Schwere der Erde bestimmen sollten, und Pecquet, den Medizinern bekannt durch die Auffindung des ductus thoracicus, zeigt uns durch seine Versuche mit Quecksilberröhrchen auf hohen Bergen, wie man sich schon damals bemühte, auch die Erdatmosphäre kennen zu ler-

---

*) Vergleiche hier G. H. Schuberts Handbuch der Cosmologie. Nürnberg 1823, wo über die Geschichte der einzelnen Theile der Naturwissenschaft, und besonders der naturgeschichtlichen Zweige

nen, wodurch für die physische Geographie viel gewonnen werden musste.

So entwickelte sich immer mehr eine nie geahndete Mannigfaltigkeit, denn wie des Dichters Worte sagen:

— — Der Blick der Forscher fand
Nicht selten mehr, als er zu finden hoffte. —

Doch ward eine diese Mannigfaltigkeit überschauende und umfassende Einheit immer dringender. Newton's mathematische Physik löste diese Aufgabe. „Er geht in seiner philosophia naturalis nicht über in das Gebiet der Metaphysik, und gesteht selbst, die causae oder Grundprincipien der Dinge (gravitatio, attractio, repulsio) wären unerklärbar; aber die Erscheinungen in der Natur beweisen es, dass es solche Principia gebe, quibus res ipsae sunt formatae. Zu behaupten, es gebe gewisse qualitates occultae, durch welche die Körper eine gewisse Kraft in ihren Wirkungen besässen, sey so viel, als nichts sagen. Aber aus den Erscheinungen der Natur einige Grundprincipien abzuleiten, und zu zeigen, wie die Natur der Dinge, ihre Eigenschaften und Wirkungen aus diesen Principien folge: dadurch

---

ausführlicher gesprochen wird. So auch Leukarts allgemeine Einleitung in der Naturgeschichte der drei Reiche etc. 1te Liefer. Stuttgart 1832.

würde die Philosophie weit eher vorwärts schreiten, wenn auch die letzten Gründe dieser Principien noch immer nicht erkannt wären.*)

So betrat er also als Meister den Weg der Erfahrung. Er betrachtete, wie Roger Baco die Mathematik, auf Versuche und Beobachtungen angewandt, als den einzigen Weg zur Erkenntniss der Natur, und so gelang es ihm in seinen principiis philosophiae naturalis Versuche und Beobachtungen niederzulegen, die die Folgezeit, je genauer sie zu Werke ging, desto evidenter bestätigte, und so konnte er aus den Resultaten seiner Naturbeobachtung allgemeine Gesetze entwickeln. „Non satisfecerat enim ei physica Cartesiana et Gassendiana, quod licentiam sibi summerent, ponendi quascunque ignotas partium figuras et magnitudines et hypotheses afferent, nullo alio naturae fundamento, praeter imaginandi licentiam nixas: — — — Ad aliud itaque philosophiae naturalis genus deveniendum esse judicavit, quod experimentale esset, et in quo nihil principii loco assumeretur, quod nondum ex phaenomenis comprobatum fuerit.**)“ Unterstützt von seinen mathematischen Kenntnissen, die ihn durch seine Theorie der

---

*) 's Gravesande elem. phys. tom. I. pag. 24.

**) J. Bruckeri instit. histor. philos. Lips. 1747. p. 669.

Fluxionen Unsterblichkeit in der Geschichte sicherten, benützte er das bisher Gefundene und Erfahrene, es durch eigene Versuche prüfend und vermehrend. Er entwickelte aus Galilaeis, Huygens und Keplers gegründeten Entdeckungen die allgemeine Schwere und ihre Gesetze, und durch seine Verbesserung der Fernröhre, durch seine Untersuchungen über die Geschwindigkeit des Schalles, wie durch seine Entdeckungen in der Optik, deren Schöpfer er mit allem Rechte genannt zu werden verdient, brachte er jene unermüdete Thätigkeit in alle Zweige des naturwissenschaftlichen Strebens, die wir mit inniger Freude noch zu seiner Zeit und mit ihm beginnend das 18te Jahrhundert hindurch mit immer steigendem Interesse bis auf unsre Tage, die in all' ihren Disciplinen durch eine kräftige Empirie herangebildete Naturwissenschaft auf einen immer höheren Grad der Vervollkommnung heben sehen. Und so konnte unsre Wissenschaft der Natur immer umfassender werden, und den tiefliegenden wahren Gründen der Phänomene immer näher kommen, indem die Physiker nicht mehr mit der Erforschung der allgemein bleibenden Eigenschaften der Körper sich begnügten, sondern auch jene Phänomene, die von einer innern Thätigkeit der Körpertheilchen abhängen, und wodurch neue Verbindungen derselben und neue Ei-

genthümlichkeiten erzeugt werden, zu untersuchen sich bemühten, mit einem Worte, als jene alchymistischen Träumereien verschwunden, und die Chemie als Wissenschaft der Physik zur Seite gestellt wurde.

Eine Folge dieses allgemein rege gewordenen Strebens waren die von nun an immer häufiger werdenden Entdeckungsreisen zur Verbesserung der Länder- und Völkerkunde, die Errichtung von Sternwarten, wie die Bildung der für den wissenschaftlichen Verkehr, für den Austausch der Ideen und Erfahrungen so nothwendigen Gesellschaften. Rühmlich bekannt aus dieser Zeit ist die Academia del' Cimento durch ihre trefflichen Forschungen über Wärme, Licht, Schallgeschwindigkeit, wie durch ihre chemischen Experimente und meteorologischen Beobachtungen. Durch die Mitglieder dieser Academie wurde das Thermometer so verbessert, dass es für spätere Beobachtungen einen Anhaltspunkt zur Vergleichung gewährt.*) Mussenbroek hat ihre Versuche, durch eigne vermehrt, in lateinischer Uebersetzung des italienischen Werkes den Physikern übergeben. Gleich bekannt ist die durch ihre Philosophical Transactions berühmte englische Gesellschaft.**)

*) Nach Desaguliers Bestätigung. Desag. Cours de phys. T. II. p. 325. Vergl. Pogg. Annal. B. XXI p. 325. Die Abhandlung von Libri „Ueber die Bestimmung der Skale des Thermometers der Acad. del Cimento.

**) Eine Uebersetzung der wichtigern Abhandlungen der philosophi-

Diese Vereine nährten und förderten den lebendigen Forschungsgeist; sie sammelten die Blüthen, die das 18te Jahrhundert aus den Saaten des vorigen heranreifte, und gross musste die Erndte werden, denn nicht geringer waren die Mühen des Pflügers, als die des Säemannes! —

Desaguliers, 's Gravesande u. P. v. Mussenbroek sind nun die ersten, deren Verdienste um die Experimental-Naturlehre mit noch ungetrübtem Lichte aus dem verflossenen Jahrhundert herüberstrahlen.

In einen Brennpunkt diese Strahlen zu sammeln und aufzufassen ist nun die Absicht folgender Abhandlung, die ich den würdigen Vätern unsrer Universität, wie allen Freunden der Naturforschung um so lieber übergebe, da ich gewiss bin, dass das Interesse für das Streben edler Geister aus jeder Zeit bey ihnen nie verloren geht. Und wenn ihnen auch in den folgenden Blättern die Jugend des Verfassers hie und da, wo es ihr an gründlicherer Tiefe des Wissens gebricht, unverkennbar entgegentritt, dennoch werden sie das Streben desselben würdigen, sich nach den Männern zu bilden, die er bei Behandlung seines Gegenstandes sich zu Vorbildern genommen, den

---

schen Transactionen geben die „Abhandlungen aus der Naturgeschichte, Physik und Oekonomie v. G. Leske. 2 Thle. 4. Lpz. 1779.

trefflichen Siber und den unübertrefflichen Goethe! ersterer klar durch die Anordnung in allen seinen Bearbeitungen; letzterer durch die Art und Weise seines Vortrages eben so anziehend, wie durch die geniale Durchführung wissenschaftlicher Gegenstände.

Quellen.

J. Th. Desaguliers, Cours de physique experimentale traduit de l' Anglois par le R. P. Pezenas, II Tom. 4. Paris 1751.

J. W. 's Gravesande, Physices elementa mathematica experimentis confirmata, sive introd. ad philos. Neutonianam II. Tom. 4. Leid. 1742.

P. van Mussenbroek, Elementa physices in usus acad. Lugd. 1741 und in 3ter Ausgabe Venedig 1761 von Ant. Genuensis. 2 Tom. 8.

Ejusdem, Tentamina experim. natural. capt. in Acad. del Cimento, Lugd. Batav. 1731. 4.

Ejusdem, Physicae experimentales et geometricae dissertationes, Lugd. Bat. 1729. 4.

Ejusdem, Introductio ad philosophiam naturalem. II. Tom. Lugd. Batav. 1762. 4. herausgegeb. v. Lulolfs.

Gehlers physikalisches Wörterbuch. Lpz. 1787—1795. 5 Bände.

A. Libes, Nouveau dictionnaire de physique. IV. Tom. a Paris 1806.

Fischers Geschichte der Physik. 8 Bde. Göttingen 1801.

M. Saverien, Histoire des philosophes modernes Tom. VI. Paris 1768.

A. Libes, Histoire philosophique des progres de la physique. III. Tom. Paris 1810.

Allgemeine Physik.

Gegenstand der Physik sind Körper, Raum, Bewegung. (Mussenbr.) Der Körper besitzt Eigenschaften, als: Ausdehnung, Soliditaet und Theilbarkeit. ('sGrav.) Desaguliers als Atomist läugnet die Theilbarkeit der Materie in's Unendliche, und spricht von der Kleinheit der Atome, die Gott geschaffen, um die Naturkörper zu bilden. Riechende und färbende Stoffe geben ihm einen Begriff von dieser Kleinheit. — Beyspiele, wie erstaunlich weit die wirkliche Theilbarkeit der Materie geht, geben die schönen Versuche und Beobachtungen Boyle's, Reaumur's, Leuwenhoek's und Mussenbroek's (introd. Tom. I §. 72). Die Elasticität und ihre Gesetze kennen zu lernen, macht 's Gravesande Versuche mit Metallsaiten. Dass sich diese Experimente sehr vervielfältigten durch die verschiedenen Längen- und Dickenverhältnisse der Saiten und durch die verschieden wirkenden Kräfte, ist einleuchtend. Er bedient sich einer eigenen Vorrichtung (Elem. lib. II. Cap. 12. §. 1297) und folgert aus seinen Versuchen, die grössere oder kleinere Elasti-

citaet in Körpern gleicher Art hänge bei übrigens gleichen Verhältnissen von der eigenthümlichen Zusammenfügung der Theile ab. Die Erklärung der Elasticität der Körper durch Hülfe des Aethers, wie sie Einige gegeben, verwirft Mussenbroek, wie er überhaupt die Annahme des Aethers ganz aus der Physik verbannt wissen will, quod conjecturam facit chymatricam. Doch gesteht er selbst, dass uns erst genauere Versuche hierüber Licht verschaffen müssen, und verweist auf 's Gravesande, als einen tüchtigen Vorgänger, der sich bemüht, die Gesetze der Elasticität zu finden. (Introd. T. I. pag. 232.)

Cohaesion.

Newton hatte schon erinnert, dass die Gravitation und die Anziehung in der Berührung verschieden seyen, indem sich erstere nur nach der Masse der Materie, letztere aber mehr nach der Qualität derselben richte. Es war also die Hypothese Descartes, die Anziehung werde durch den Stoss einer feinen Materie bewirkt, durch Mussenbroek's Versuche entfernt, durch die man die chemische Wirkung der Cohaesion erkannte, und durch die der Irrthum widerlegt war, es richte sich die Cohaesion nach der Dichte der Materie. Mussenbroek unterscheidet absolute und respective Cohaerenz; ihre verschiedenen Erscheinungen in der Natur hat er unter 7 Rubriken angegeben. (pag. 452 in d. introd. ad

cohaerent.) Die absolute Cohaerenz untersucht er bei Holzarten und Metallen, und bestimmte ihre Grade durch Gewichte, die nöthig waren, um die Parallelopipeda (aus Holz, Grundfläche in's Gevierte 0,27 Zoll) und die Metalldrähte (von verschiedenem Durchmesser) zu zerreissen *). (Mussenb. elem. phys. §. 564.) Versuche mit Cylindern aus verschiedenen Materien (Durchmesser 1,196 rh. Zoll) introd. T. I. pag. 392. Auch brachte er warme flüssige Materien zwischen die Körper, und suchte dann den Zusammenhang zu bestimmen, nachdem diese Materien erkaltet und fest geworden waren. Den Apparat, dessen er sich zu seinen Versuchen bediente, gebraucht man zu demselben Zwecke noch heute. (Mussenbr. Schnellwage, introd. ad cohaerentiam corp. firm. in d. Dissert. phys. pag. 481 Taf. 19.)

Auch Achart und Sikingen haben ähnliche Versuche angestellt, und gewöhnlich hält man sich an die Resultate des Letzteren, da sie etwas mehr Genauigkeit geben, indem Sikingen auch die Länge der Körper in Betracht zog. Uebrigens kann man von diesen Versuchen nie ein genaues Resultat erwarten, da bei den verschiedenen Körpern die verschiedene Dehnbarkeit einen wohl nicht unbedeutenden Einfluss äussert. Schon Kant hat hierauf aufmerksam gemacht. Doch bleibt es immer vortheil-

*) Hieher Desaguliers Beobachtung, dass 2 Krystallkugeln bei einer Berührung von $\frac{1}{10}$ Zoll Durchmesser mit einer Kraft von 19 Unzen (570 Gr. oder etwas weniges über 1 bayerisches Pfd.) zusammenhängen.

haft, die Stärke der Cohaerenz der Körper zu kennen, da wir hieraus in der Anwendung das Tragvermögen eines Körpers bestimmen, was in technischer Beziehung wohl beachtenswerth. Und ungeachtet der vielen irrigen Folgerungen, die sich in Mussenbroek's Dissertation über diesen Gegenstand finden, müssen wir dem gründlichen Forscher immer dankbar bleiben für seine mit so viel Mühe und Umsicht angestellten Experimente. Ja, wir dürfen es wohl aussprechen, dass er durch seine Untersuchungen auf viele, früher weniger beachtete Körperarten uns'rer Erde den Forscherblick der Naturkundigen geleitet. Er bemerkt selbst, dass das Capitel der Cohaerenz das umfassendste sey, da die Körper auf die verschiedenste Art und Weise geprüft werden könnten; „hoc serior et sapientior deteget aetas!“

Aber es wurden schon zu seiner Zeit, während sich die Chemiker mit der Lehre von der Verwandtschaft beschäftigten, die Academien für die Bestimmung derselben Preise aussetzten, und eine Menge gelehrter Dissertationen diesen Gegenstand behandelten, Mathematiker und Physiker auf den Zusammenhang der materiellen Theile aufmerksam, und suchten eine allgemeine Norm für den respectiven Zusammenhang der Theilchen aufzufinden.

Wie schwer es jedoch überhaupt hält, für Phänomene, die von Aussen durch so Vieles bedingt sind, allgemeine Regeln zu geben, davon sind wir heut zu Tage am bessten überzeugt, da wir einsehen gelernt, dass uns bei Erklärung und Rechtfertigung

vieler Erscheinungen durch ein Experiment constante, nie vermeidliche Fehler im Wege stehen, die wir mit in Anschlag zu bringen nicht vergessen dürfen.

Mussenbroek erklärte bald die Unmöglichkeit eine allgemeine Regel für die Festigkeit der Körper aufzustellen. Seine Versuche über die absolute und respective Cohaerenz, wie über die specifische Ponderabilität fester und liquider Körper zeigten ihm, welchen Unterschied in Betreff des Zusammenhanges der Körpertheilchen Wärme und Kälte durch ihre Wirkung von Aussen auf den Körper, wie der eigene Wärmegehalt des Körpers selbst, hervorriefen*). Sie überzeugten ihn, dass es neben diesen bedeutenderen noch viele scheinbar unmerkliche Umstände gebe, die eine allgemeine Norm aufzustellen unmöglich machten. Kommt ja doch beim Holze nicht nur dessen grössere oder geringere Feuchtigkeit oder Trokenheit, sondern auch der Boden, auf dem es wuchs, ja sogar das in Betracht, aus welchem Stücke des Stammes es geschnitten, ob aus der Mitte, oder an der Rinde u. s. w. Bei den Metallen ändert die Firmität der Guss, längere oder kürzere Zeit andauerndes Hämmern derselben etc.

Je zahlreicher daher diese Versuche gemacht

---

*) Der Einfluss der Temperatur etc. war damals fast noch gar nicht untersucht, daher auch Mussenbroek, der die Grösse dieses Einflusses wohl kannte, ausruft: „utinam gradus frigoris et caloris adscripti fuissent!“

In neuerer Zeit haben F. E. Neumann u. W. Weber die specifische Wärme der Metalle und Minerale untersucht. v. Pogg. Annal.

werden, ein desto genaueres Resultat für unsre Nutzanwendung werden sie uns geben. Mussenbroek, dessen Ansicht es ist, die ich eben ausgesprochen habe *), hat diese Versuche mit einer Sorgfalt und Allgemeinheit angestellt, wie noch keiner vor ihm. v. Dissert. phys. (introd. ad cohaerent.), wo der getreue Experimentator auf Taf. 21 und 22 die Zerreissungsflächen der Holzarten abbildet. Introd. ad philos. natur. T. II. cap. 26. Tafel über das specifische Gewicht der Körper.

Capillaritaet.

Die Phänomene der Haarröhrchen, die Fr. Aguntini, Mitglied der Acad. del Cimento zuerst beobachtet haben soll, mussten bald die Physiker beschäftigen, schon wegen ihres Widerspruchs mit den hydrostatischen Gesetzen. Die nicht die Anziehung annahmen, wie z. B. J. Bernoulli, liessen wie gewöhnlich durch den Druck der Luft das Phänomen bewirken. Doch schon der Versuch unter der Luftpumpe, den die Mitglieder der Academie zu Florenz und nach ihnen 's Gravesande machten, bewies das Falsche dieser Annahme. 's Gravesande, der

*) Daher bedauert er auch, dass Belidor, der die verschiedenen Eisenarten, die Gallien erzeugt, gekannt, sie nicht nach seiner Weise untersucht habe, denn dadurch, dass auch anderes, in fremden Gegenden gegrabenes Eisen untersucht, also überhaupt die Versuche so sehr nur immer möglich vervielfältigt würden, versprach er sich mit Recht Fortschritte für diese Lehre.

seine Versuche mit Röhrchen von $\frac{1}{6}$ Zoll Durchmesser anstellte, schrieb dieses Phänomen der Wirkung des Glases zu, und erwähnt hiebei, dass es die Attraction und Repulsion desselben sey, die sich in unzähligen Experimenten, vorzüglich in denen der Chemie, als richtig bewährten.

Man sieht, es war ihm eigentlich hier nur um die Geltendmachung der Anziehung gegen die Gegner, die von dieser nichts einsehen wollten, zu thun. Daher suchte er nicht lange mehr nach dem Wo der Wirkung, da er einmal einsah, dass es die Anziehung ist, die das Phänomen erzeugt. Zugleich muss ich hier ein Instrument erwähnen, womit er ähnliche, auf der Anziehung beruhende Versuche machte. (Elem. cap. V. experim. 7.) Es ruhen zwei Glasflächen auf einem hölzernen Gestelle. Die beiden höher liegenden Enden derselben sind durch eine Schraube verbunden, die tieferliegenden aber mittelst eines zwischen sie gebrachten dünnen Stückes beliebiger Materie, z. B. Holz, getrennt. 's Gravesande zeigt nun, wie ein zwischen diese beiden Glasflächen gebrachter Wassertropfen nicht dem Zuge der Schwere, gemäss welchem er gegen die tieferliegenden Enden gehen sollte, sondern der Kraft der Anziehung folgt und aufwärts steigt. Das Aufsteigen der Flüssigkeit zwischen den Plangläsern ist also durch das Gleichgewicht bedingt, in welchem die Schwere der aufsteigenden Flüssigkeit mit der Kraft steht, durch die sie steigt, d. i. mit der Adhaesion, die zwischen dem Fluidum und dem Glase obwaltet. —

Mussenbroek bewies bei den Phänomenen der Capillaritaet, mit welcher Sorgfalt und Reinheit er experimentirte. Seine Versuche, alle mit Röhren aus reinem holländischen Glase angestellt, und zwar mit den verschiedenartigst geformten Röhren und verschiedenen Flüssigkeiten, sind gesammelt in der Dissertatio de tubis capillaribus vitreis. (Dissert. phys.) Da er die Erscheinungen der Capillaritaet so oft und unter verschiedenen Modificationen in der Natur wiederkehren sah, hielt er sich, von der Wichtigkeit derselben überzeugt, immer mehr berechtigt anzunehmen, diese Anziehung sey ein den Körpern inwohnendes, eignes Gesetz der Natur. (Diss. p. 274. u. p. 353. introd. §. 1060.) Daher die Aufmerksamkeit, die er dieser Erscheinung widmete, und die vielen, umfassenden Versuche, um sie zu erklären. Doch hat er oft mehr aus ihnen folgern wollen, als sie ihn wirklich berechtigten. So wurde seine Behauptung, „dass die Länge der Röhre Einfluss habe auf die Höhe der Flüssigkeit in derselben“ bald von Weitbrecht und später von Hallsröm widerlegt.

Introd. Tom. I. pag. 373 hat er die Resultate seiner Versuche mit Röhren von verschiedenen Gläsern zusammengestellt, um zu beweisen, dass die Beschaffenheit des Glases auch Einfluss äussere auf die Höhe der Flüssigkeit in demselben; doch sind die Unterschiede sehr klein. Dass übrigens ein Unterschied stattfinde, wird leicht erklärlich, da nicht jeder Stoff zu jedem andern gleiche Ziehkraft hat; wesshalb auch die Flüssigkeiten den Körpern adhäriren, sie

mögen specifisch leichter oder schwerer seyn, als diese. Diess führt Mussenbroek an gegen Hambergers u. A. Behauptung: „nullum fluidum specifice gravius adhaerere solido leviori.“ (introd. §. 1034.)

Gleich sorgfältig, und wie die eben angeführten Versuche viele Beobachtungsgabe beurkundend, sind die mit Plängläsern und verschiedenen Fluiden, als Oele, Weingeist, Harn etc. (Diss. de speculis vitreis in d. Diss. phys.)

Am Schlusse dieses Abschnittes über Cohaesion will ich noch Mussenbroek's schöne Versuche die Anziehung der Körpertheilchen unter sich in den Tropfen zu zeigen, anführen. Er gebrauchte hiezu zwei eigene, einfache Vorrichtungen, die eine diente zur Bildung der Tropfen, die andere, um die Höhe und Krümmung (Durchmesser) derselben zu messen. (introd. Tom. I. §. 1017 u. sqq.) Hätten, sagt er, die Gelehrten diese so einfachen Versuche gemacht, so hätten sie nie den Druck der Luft oder die Hypothese des Aethers gebraucht, die Cohaesionsphänomene zu erklären! —

Anmerkung. Mussenbroek's Versuche die Cohaerenz zu untersuchen, finden wir in Bruchhausens Physik. 1. Thl. sehr schön vorgetragen.

Statik.

Die Kräfte, die auf den Körper wirken, lassen ihn entweder in Ruhe, wenn sie in entgegengesetzten Richtungen wirken, und gleich sind, oder bewe-

gen ihn, wenn sie ungleich sind, da der Körper der Ueberwucht folgen muss. Die Theorie entwickelt hieraus die Gesetze des Gleichgewichtes und der Bewegung, und das Experiment weist an Maschinen im Kleinen die Erscheinungen nach, welche die Natur in der Zusammenzetzung der Kräfte uns im Grossen darbietet, und die Kunst zur Befriedigung menschlicher Interessen ersonnen hat.

Ueber die einfachen, schon dem Archimed bekannten Maschinen sprechen unsre Physiker ausführlich und deutlich in ihren Werken.

Das Instrument, um das Gesetz der Wirkung des Keiles zu prüfen — Gomphometer — wie es 's Gravesande (Elem. §. 270. Taf. 10.) und Mussenbroek (introd. §. 466. Taf. 7.) beschreiben *) gebrauchen wir noch heute in gleicher Absicht. Die Mussenbroekische Vorrichtung ist die bessere. Sigaud de la fond „Description et usage d'un cabinet de Physique experim. Paris 1775. T. I. pag. 213.

Mussenbroek führt auch verschiedene Arten von Wagen an, und 's Gravesande (Elem. Lib. I. cap. 15.) mehrere zusammengesetzte Maschinen. Ebenso Desagulier's, welcher mehrere Einrichtungen des sogenannten Kranich, und ein aus allen einfachen Maschinen zusammengesetztes Instrument angibt. — (Cours de phys. T. I. Leç. 3. 83. p. 131. u. Sigaud de la fond a. a. O. T. I. p. 227. Taf. 17.)

*) Langsdorf hat die Keilmaschine verbessert. v. Lehrb. d. Mech. pag. 213.

Schwerpunkt.

Man sieht bald, dass es in jedem Körper einen Punkt geben müsse, der, wenn die Körpertheilchen sich im Gleichgewichte befinden, in Ruhe ist. Die Ruhe desselben wird aber nur durch seine Unterstützung bewerkstelligt. Es wird daher nothwendig zu wissen, wohin dieser Punkt der Schwere eines jeden Körpers fällt, um ihn zu unterstützen, da der Körper ohne Unterlage vermöge seiner eigenen Schwere weiter streben würde.

Unzählige Erscheinungen, im Leben wie in der Kunst überzeugen uns, welche wichtige Rolle der Schwerpunkt in ihnen spielt, und die Lage desselben erklärt uns manches, was auf den ersten Blick uns fast unmöglich dünken mag. So z. B. die schiefstehenden Thürme von Pisa und Bologna.

Ich kann nicht umhin hier auf Schuberts Reise *) zu verweisen, wo er von diesem Thurme in Pisa erzählt, und mit seiner angebornen, gutmüthigen Liebe Galilaei's gedenkt. Wer sollte auch in Pisa, in der Vaterstadt Galilaei's, nicht an ihn sich erinnern? Wer möchte auf diesem Thurme, „dessen blosser Anblick schon ein achtsames Auge auf die Art der Beschleunigung des Falles der Körper aufmerksam machen sollte" — nicht des grossen Mannes gedenken!? —

Wie sehr Stehen und Gehen etc. bei Menschen,

*) Dr. G. H. Schubert's Reise durch Südfrankreich und Italien Bd. II. S. 203. u. ff.

wie bei Thieren, durch die Lage des Schwerpunktes bedingt ist, setzt Desaguliers recht artig (hier sind nicht die Abbildungen gemeint) auseinander. (Cours etc. Tom. I. Lect. II. 44. Not.) Das chinesische Männlein, welches uns Mussenbroek zuerst mittheilt, bewährt diess ebenfalls durch seine Purzelbäume. In Not. 9. Lect. II. gibt Desaguliers eine bequeme Methode den Schwerpunkt zu finden. Vergl. auch 's Gravesande Lib. I. p. 2. cap. 10. Hier erwähne ich auch die Untersuchungen über das statische Moment des Menschen. Er findet von allen Physikern, die das statische Moment des Menschen damals bestimmten, wie Amontons, Bernoulli u. A. es am grössten (ohngefähr 90 bayer. Pfd.). Doch sind Versuche der Art sehr relativ, da die Dauer der Anstrengung und die Geschwindigkeit der Bewegung stets zu berücksichtigen bleibt. — Ueber die Kraft des Menschenarmes vergl. auch Mussenbroek's introd. Tom. I. §. 432.

Das Phänomen des auf geneigter Ebene aufwärts rollenden Cylinders, wie das des doppelten Kegels, ebenfalls durch die Lage des Schwerpunktes bewirkt, behandelt Desaguliers Cours Tom. I. Leç. 2. not. 12. u. 's Gravesande Elem. lib. I. cap. 10. experim. 10.

Von den mechanischen Vortheilen, die der menschliche Körper durch die Lage des Schwerpunktes gewinnen kann, überzeugte ein in London lebender Deutscher seine Zeitgenossen. Desaguliers erzählt uns (Cours Tom. I. Leç. 4. not. 7.) von den erstaunlichen Proben der Stärke desselben. — Ueberhaupt be-

ruhen auf der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte (Compositio et resolutio virium, genaue Versuche hierüber bey 's Gravesande Elem. lib. II. cap. 8.) alle die fast unglaublich scheinenden Wunderbarkeiten einer sogenannten Riesenstärke, Seiltänzergeschicklichkeit u. s. w., womit sich das gaffende Volk so gerne unterhalten lässt.

Mechanik.

Diesen Abschnitt, über die Bewegung fester Körper, weiss ich nicht besser zu beginnen, als durch die Anführung zweier für diese Lehre, wie für die gesammte Physik unsterblicher Namen, Galiläi's und Newton's. — Beider Schöpfungen im Gebiete der Physik, des ersteren Gesetze des freien Falles, und Newton's Synthese der mechanic celeste wirkten so umgestaltend und lebenbringend auf die Naturkunde ein, dass es der Analytiker mit Freude übernahm die mächtige Synthese auf seinem Wege zu deduziren und der Experimentator in hundert Versuchen die aufgefundenen Gesetze der Bewegung zu bestättigen sich bemühte.

So streben Desaguliers und Hauksbees mit vielem Fleisse in der Pauluskirche zu London angestellte Versuche Galiläi's Gesetze des Falles zu bestättigen.

Sie liessen aus der Kuppel (ohngefähr 305 bayer. Fuss) Kugeln von verschiedenen Durchmessern und verschiedener Dichtigkeit herabfallen, und fanden die Zeiten des Herabfallens um so länger, je leichter diese Kugeln bei gleichem Volumen waren, und bei gleicher Dichtigkeit, je kleiner der Durchmesser. Der Widerstand war also proportional dem Quadrate der Geschwindigkeit*).

Unermüdlich und gründlich, wie in allem, ist hier wieder Mussenbroek. Durch die einfachsten Experimente weiss er die erhabenen Erscheinungen der Centralbewegung darzustellen. Wie einfach sind nicht z. B. seine Versuche den Satz zu beweisen, dass die Centralkräfte zweier ungleicher mit einerlei Geschwindigkeit und in gleichen Abständen vom Mittelpunkte bewegter Körper sich verhalten, wie die Massen derselben. Er gebraucht Röhrchen mit Weingeist und Quecksilber angefüllt bei diesen Versuchen. Ist das Röhrchen gegen den Horizont geneigt, und wird im Kreise herumbewegt, so wird das Quecksilber höher, vom Mittelpunkte entfernter stehen als der Weingeist. Ist Weingeist und ein Korkkügelchen im Röhrchen, so nimmt den obern Raum desselben der Weingeist ein, und am untern Ende adhärirt das leichtere Korkkügelchen.

Mit vieler Thätigkeit behandelt auch 's Gravesande diesen Gegenstand; er ist einer der ersten,

*) Die neuesten Versuche über den Fall der Körper sind in dem 422 par. F. tiefen Dreibrüderschachte bei Freiburg angestellt worden.

der sich bei seinen Experimenten einer Central-Maschine bedient. (Elem. lib. I. cap. 23. §. 567. u. sqq. Die Maschine ist Tab. 20. abgebildet, doch sehr komplicirter Natur. Vergl. auch Sigaud de la Fond a. a. O. Tom. I. pag. 157. u. sqq.)

Eine sehr sinnreiche und nützliche Anwendung der Centrifugalkraft ist Desagulier's Ventilator, um die Luft in Krankenzimmern zu reinigen. Doch davon später.

Auch die noch jetzt in Vorlesungen gebrauchte parabolische Maschine, um die Bahn horizontalgeworfener Körper zu zeigen, ist von 's Gravesande. (Elem. Tom. I. §. 543—546. Taf. 19 und Tafel 54 ist die Maschine abgebildet, an welcher die parabolische Bahn ausströmender Flüssigkeiten gezeigt wird.) Den Grundsatz der zusammengesetzten Bewegung hat ebenfalls 's Gravesande durch Versuche bestättigt. (Elem. Tom. I. cap. 16. §. 360.) Und Mussenbroek zeigt seine Anwendbarkeit introd. §. 572.

An einem einfachen Beispiele, wie der Wind einen papiernen Drachen erhebt, kann man die Wirkung der zusammengesetzten Bewegung sehen. (Mussenb. introd. §. 573.)

Hindernisse der Bewegung.

Die Bewegung eines Körpers geschieht im Raume; da es aber in der Natur kein Vacuum gibt, muss der sich bewegende Körper einen andern aus dem

Raume verdrängen, den dieser einnimmt, hiedurch entsteht Widerstand. Es kommt nun darauf an, von welcher Natur dieser andere Körper ist, ob durchdringbar oder nicht, und hieraus ergibt sich die Grösse des Widerstandes. Das Verhältniss desselben aufzufinden, da nach dem Gesetze der Trägheit durch ihn alle Bewegung gestört werden musste, ward bald als eine der wichtigsten Aufgaben der Physik anerkannt. Der Widerstand fester Körper, der sich als Stoss äussert, ward bald bestimmt. Wallis, Wren und Huygens hatten die Gesetze des Stosses gefunden, und ihre Arbeiten in den philosophischen Transactionen niedergelegt. Es fehlte nur noch an der Bestätigung ihrer Theorie durch Versuche. 's Gravesande, der sich besonders um die Theorie des schiefen Stosses sehr verdient gemacht, stellte diese Versuche an. Seinen Apparat für die Experimente des Stosses (Elem. Lib. II. cap. 4. u. 8.) hat Mussenbroek verbessert. (introd. p. 251. Tom. I.) Und es bedurfte nur Analytiker, wie Bernoulli und Euler, um diese Lehre weiter zu entwickeln.

Anmerkung. Da Manchen die §§. 814. u. sqq. in Mussenbroek's introd. Tom. I. angenehm seyn möchten, wo er (beim Stosse elastischer Körper) von der Bewegung der Billardkugeln spricht, wollte ich sie hier bemerken.

Die Theorie des Widerstandes in flüssigen Medien hat zuerst Newton entwickelt. Desaguliers, wie er in Allem die Lehre des Meisters geltend zu machen sich bestrebt, suchte dessen Theorie der Ge-

setze des Widerstandes der Luft, durch seine 1719 angestellten Versuche zu bestättigen.

Reibung.

Als ein unvermeidliches Hinderniss der Bewegung zeigte sich im Maschinenwesen die Reibung, und je mehr sich dieses ausbildete, desto mehr war auch der bedeutende Einfluss dieser Hemmung klar. Man sann daher wohl bald auf Mittel und Wege dieses Hinderniss, da es nicht aufhebbar — doch soviel wie möglich zu mindern.

Desaguliers, von unsern Physikern derjenige, der der Mechanik und dem Maschinenwesen seine meiste Aufmerksamkeit zugewendet, schlägt verschiedenes vor, diess zu bewirken. So z. B. um die Reibung der Wagenaxen gegen die Räder geringer zu machen, will er, dass die Axen von Eisen, oder mit Eisen beschlagen seyen, und sich in kupfernen Ringen bewegen sollen, die in den Höhlungen der Räder angebracht sind*). Auch sucht er die Reibung der Seile und Stricke zu bestimmen, um dagegen wirken zu können**). Doch sind der äusseren Einwirkungen, Wärme, Feuchtigkeit etc. auf diese so

---

*) Desaguliers, mechanische Untersuchung der Struktur der Wagenräder etc. Hamburg. Magazin XI. B. 1. St. N. 206. S. 106.

**) Hier muss ich Mussenbroek's Erfahrung bemerken, dass ein Strick, der so gedreht wird, dass er um $\frac{1}{5}$ seiner Länge kürzer geworden ist, mehr hält, als einer, der $\frac{1}{3}$ der Länge kürzer wurde, wie nämlich die Seiler die Stricke gewöhnlich drehen. (introd. ad Cohaer. cap. 4.)

viele, dass die Rigidität derselben fast in jedem gegebenen Falle eine andere ist. So sucht er auch Amontons Satz zu beweisen, dass sich die Reibung mehr nach dem Drucke des Körpers, als nach der reibenden Oberfläche richte; und gibt (Cours ete. Leç. 4. planch. 18.) eine Friktions-Maschine, welche die Grösse der Reibung durch die Schwingungen der Feder anzeigt, die immer weniger werden, je mehr man an der Welle Gewicht anbringt. Die Experimente mit dieser Maschine lehren ihn, dass bei übrigens gleichen Umständen die Reibung bei der rollenden Bewegung geringer sey, als bei der gleitenden. Doch darf man von dieser Frictions-Maschine eben so wenig Genauigkeit erwarten, wie von der Vorrichtung Bülfingers. v. Sigaud de la Fond a. a. O. Tom. I. p. 108. u. sqq.

Mussenbroek's Versuche über diesen Gegenstand überzeugen ihn, dass sich seine Vorgänger umsonst bemüht, allgemeine Regeln für die Reibung zu finden. Er untersucht die Friction des Holzes auf Holz und der Metalle auf Metalle. (Elem. phys. §. 339. u. introd. §. 510.)

Bei den Versuchen mit Metallen gebraucht er den von ihm erfundenen Tribometer (introd. Tom. I. Tab. 10. Sigaud de la Fond a. a. O. Tom. I. p. 115. u. sqq.), den Coulomb später verbessert.

Mussenbroek fand auch, dass die Friction bei fortgesetzter Bewegung eine andere werde, als sie beim Beginne derselben ist, und stärker werde, wenn die Geschwindigkeit zunimmt.

Kästner hat Mussenbroek's Erfahrungen in seiner höheren Mechanik S. 288. kurz so zusammengestellt:

Die Reibung verhält sich nicht, wie der Druck; ändert sich bei unverändertem Drucke, wenn die reibende Oberfläche sich ändert. Bleibt auch bei einerlei Materie nicht immer einerlei. Wächst in anderem Verhältnisse, als in dem der Geschwindigkeit.

Seit Mussenbroek sind die Versuche wohl vielfach erweitert worden, besonders durch Coulomb; man suchte die Reibung im Beginne der Bewegung und bei fortgesetzter Bewegung zu bestimmen, unterschied in Rücksicht der reibenden Theile eine Reibung erster und zweiter Art: doch sind der allgemeinen Sätze wenige, die zu Mussenbroek's aus seinen Versuchen gezogenen Resultaten hinzugekommen sind. Vergl. Baumgartner, die Naturlehre nach gegenwärtigem Zustande. Wien 1829. Sibers Physik S. 128.

Hydrostatik.

Da die flüssigen Körper wie die festen den Gesetzen der Schwere unterworfen sind, geben auch sie die Phänomene des Gleichgewichtes und der Bewegung. Ihr Streben vermöge des freier gewordenen expansiven Faktors, sich selbst überlassen eine horizontale Oberfläche anzunehmen, bewirkt, dass sie

nach allen Seiten drücken. Daher wirkt z. B. das flüssige Wachs in einem kubischen Gefässe mehr auf alle Seiten desselben, als wenn es fest und kalt ist. (Mussenbr. phys. §. 784.) 's Gravesande hat durch ein einfaches, völlig zweckdienliches Instrument, seinen follis hydrostaticus, diesen Druck des Wassers gegen die Seitenflächen gezeigt. (Elem. Tom. I. lib. 3. §. 1451.) Ist mirs doch, indem ich seinen Vortrag lese, als sähe ich ihn das Experiment wiederholen, das mich so angenehm überraschte, als ich durch eine geringe Menge Wassers fast 300 Pfund gehoben sah. Ist mirs, als hörte ich es, wie er seinen staunenden Zuhörern mit lächelnder Miene erwiedert: „haec omnia, quantumvis paradoxa, ex natura fluiditatis sequuntur!" —

Es spricht sich hier jenes innere Vergnügen aus, jene stille Zufriedenheit, die die Natur in unversiegbarem Quell dem gewährt, der sie liebt, und ihre Genüsse zu würdigen weiss. Und darum sind schon „ganze Zeitalter über Erforschung der Natur „verflossen, und noch ist man ihrer nicht müde. „Einzelne haben in dieser Beschäftigung ihr Leben „hingebracht, und nicht aufgehört auch die verschleierte Göttin anzubeten!" *) —

's Gravesande's follis hydrostaticus hat eigenthümlichen Werth für die Experimentalphysik, da er im Versuche den Druck des Wassers so einfach und bemerkbar wohl nicht besser hätte darstellen

*) Schelling's Worte.

können. Wolfs anatomischer Heber leistet dasselbe; doch diente er, wie schon der Name zeigt, einem andern Zwecke.

Die specifische Schwere flüssiger Körper untereinander sucht 's Gravesande durch Abwägen im Wasser zu vergleichen. (Elem. lib. III. cap. 4.) Er bedient sich verschiedener Vorrichtungen; auch der bilanx hydrostatica, die aber sehr zusammengesetzt ist. Mussenbroek gebrauchte seinen Araeometer. (introd. Tom. II. §. 1384. vergl. Sigaud. de la Fond Tom. I. p. 284. u. sqq.) Hat manche Mängel. Mussenbroek hält es selbst nicht für vollkommen. — Das respective und eigenthümliche Gewicht der Körper hat er mit dem meisten Fleisse untersucht. (introd. §. 1417.)

Hydraulik.

Vorerst will ich die hydraulischen Maschinen erwähnen, die wir bei Desaguliers beschrieben und abgebildet finden; nämlich die Maschine unter der Londoner Brücke, deren Räder durch das Steigen und Fallen des Wassers der Themse in Bewegung gesetzt werden; und die Maschine zu Marly, die das Wasser in die königlichen Gärten zu Versailles bringt. Zur Unterhaltung der Letztern sind 60 Arbeiter erforderlich; (Taf. 30 u. 31. in Desagulier's Cours etc. ist sie abgebildet). Die Quantität des

durch sie gehobenen Wassers beläuft sich in einer Stunde ungefähr auf 5258 Tonnen. (Cours etc. II. Tom. S. 526) Desaguliers spricht ausführlich noch über mehrere Maschinen von Francini, Savery, Haskins, Newsham u. a., woraus wir leicht seine Vorliebe für die Mechanik erkennen.

Das Ausströmen des Wassers aus Oeffnungen, also die Quantität der in einer bestimmten Zeit auslaufenden Wassermenge, die Geschwindigkeit des Auslaufens bei verschiedenen Oeffnungen, die Gesetze des Widerstandes flüssiger Körper, die fortgesetzte Bewegung in Fluiden u. s. w. hat vorzüglich 's Gravesande durch vielerlei Experimente untersucht.

Torricelli und Mariotte hatten aus ihren Versuchen allgemeine Regeln gezogen. Doch nicht mit gleichem Glücke. Des erstern Gesetz, dass die Geschwindigkeit des ausfliessenden Wassers sich verhält, wie die Quadratwurzeln der Wasserhöhen bestättigen 's Gravesandes Versuche. (Elem. lib. III. cap. 9. experim. 1. 2. 3.) Er gebraucht cylindrische Gefässe, die, sonst gleich, nur verschiedene Höhen haben, und untersucht die Zeit des Ausfliessens und die Wassermengen.

Mariotte begeht den Fehler sein mouvement des eaux auf Gründe zu bauen, die wohl für feste Körper als geltend erwiesen sind; doch flüssige wirken nicht so ganz nach denselben Gesetzen, wie feste. Daher stimmen Desaguliers Resultate nicht ganz mit Mariotte's aufgestellten Regeln

überein. Er erhielt immer weniger Wasser, als er vermöge des theoretischen Satzes hätte erhalten sollen. So erhielt er durch einen 1000 Ellen langen Kanal $\frac{1}{12}$ weniger Wasser, als er nach Mariott's Calcul hätte erhalten müssen. Auch bei 's Gravesandes Versuchen war die Sprungweite des ausströmenden Wassers nicht so gross, als sie gemäss der Höhe des Gefässes nach mathematischem Kalkul hätte erwartet werden dürfen. (Elem. Lib. III. cap. 7. §. 1585.)

Die Adhaesion der Wassertheilchen an den Seitenflächen und der Zusammenhang unter sich, wodurch sie zurückgehalten werden, veranlasst eine ungleiche Geschwindigkeit unter denselben, indem die Wassertheilchen, die in der Mitte der Oeffnung ausfliessen, nicht durch die Adhaesion der Seitenflächen aufgehalten werden; hiezu kömmt noch die Reibung an der Oeffnung u. s. w. Hindernisse, durch die das Experiment nie völlig der Theorie entsprechen kann. Müssen wir doch immer noch, obgleich der Widerstand, der diese Differenzen hervorruft, mehr entwickelt und bestimmt ist, recht oft mit Mussenbroek sagen:

Quae hucusque explicuimus geometrice, non ita comparata sunt physice! —

Was 's Gravesande noch bemerkt, um die Ursachen anzudeuten, vermöge welcher diese Phaenomene in der Natur von den geometrischen Gesetzen abweichen, hat Kraft in s. praelect. ad physicam Tom. III. p. 14. gut zusammengestellt.

Ist die Höhe bekannt, so kann man der herausströmenden Flüssigkeit die Parabel vorzeichnen, in der sie ausfliessen muss. Diess weis't 's Gravesande (Elem. III. cap. 7.) an einer eigenen Maschine nach.

Er fügt seinen Experimenten über die Gesetze, nach denen Wasser aus Gefässen ausströmt, ein paar bemerkenswerthe Versuche bei, um auf die Cohaesion der Wassertheilchen aufmerksam zu machen, und zu zeigen, dass diese Cohaesion, wie wir sie oben als Hinderniss beim Ausfluss aus Seitenöffnungen gesehen, ebenso wirke bei Oeffnungen, die nach oben gerichtet sind, wesshalb das Wasser aus der Oeffnung nicht so hoch steigen könne, als es vermöge der durch den Fall erlangten Geschwindigkeit steigen sollte. (Elem. Lib. III. cap. 7. §. 1583.)

Ein Hinderniss, welches nach 's Gravesande noch zu bemerken sey, ist dieses, die emporspringenden Wassertheilchen, durch die folgenden auseinander getrieben, erweitern den Wasserstrahl, und durch das Zurückfallen des weiteren Strahles, wird auch der Widerstand (Druck) gegen die neu emporspringenden Wassertheilchen grösser. (Elem. Lib. III. cap. 8. §. 1588. u. ff.)

Zu den Versuchen, um die Cohaesion der Wassertheilchen zu zeigen, gebraucht er zwei Spritzen, eine voll reinen Wassers, die andere mit gefärbter Flüssigkeit gefüllt. An jeder Spritze ist eine Röhre befestigt, und beide Röhren, deren Axen in gleicher Ebene liegen, sind so verbunden, dass sie sich

durchkreuzen. Stossen nun die beiden zugleich wirkenden Stempel das Wasser aus den Spritzen, so geht das herausgetretene Wasser in den Röhren eines neben dem andern, mit kaum merklicher Vermischung hin. (Elem. Lib. III. cap. 9. experim. 4. 5. Taf. 55; dasselbe Experiment früher von Du Fay in d. Memoires de l'Acad. de Paris v. J. 1736.)

Mussenbroek bedient sich derselben Vorrichtung zu anderem Zwecke. (introd. T. II. cap. 29. §. 1685.)

Stoss oder hydraulischer Druck des Wassers.

Bei den Experimenten über das Ausströmen der Flüssigkeiten ist nun unter verschiednen gegebenen Verhältnissen der Grösse und Weite der Gefässe und Oeffnungen nicht nur die Zeit der Ausleerung der Gefässe, und die Quantitäten des ausgeflossenen Wassers, sondern auch die Kraft, womit das Wasser herausströmt, also der Stoss oder hydraulische Druck desselben zu beachten. 's Gravesande bedient sich einer eignen Vorrichtung, bei der aber, wie er selbst gesteht, Unrichtigkeiten unvermeidlich sind. Aus der Einrichtung des Instrumentes selbst (an einer Pendelstange hängt ein elfenbeinerner Cylinder vor der Oeffnung des Gefässes, der durch den Stoss des Wassers gehoben wird) sieht man leicht, dass es nicht zu den Genauigkeit gebenden gehört. (Elem. Lib. III. cap. 12. §. 1761 u. sqq.)

Specielle Physik.

Wärme.

Der specielle Theil der Physik war zur Zeit De-saguliers, 'sGravesande's u. Mussenbroek's noch wenig bearbeitet. Was von den Vorgängern kam, war meist lautere leere Speculation, die Ausgeburt theosophischer und alchymistischer Phantasterei, und der damaligen Zeit, in der man anfing das Beobachtete und Erfahrne zu sammeln, fehlte es an Experimenten, an Versuchen zur Bestätigung. — „Jeder Versuch aber, sagt Goethe, ist schon theoretisirend; er entspringt aus einem Begriffe, oder stellt ihn sogleich auf. Viele einzelne Fälle werden unter ein einzig Phänomen subsumirt, die Erfahrung kommt in's Enge, man ist im Stande weiter vorwärts zu gehen.“ —

Besonders die sogenannten unwägbaren Stoffe waren in den Erscheinungen noch zu wenig erkannt,

als dass der mathematische Physiker ihnen seine volle Aufmerksamkeit hätte zuwenden mögen. Davon zeugen die Worte eines Zeitgenossen, Brokes, die ich hier anführe:

„Was ist das Feu'r? was sind die Lüfte?
Was ist das Trockne? was sind die Düfte?
Was ist ihr Zweck? was ihre Pflicht?
Die Antwort d'rauf: Das weiss ich nicht!" —

Die damalige Experimental-Physik beschäftigte sich fast ausschliesslich nur mit den Gegenständen der angewandten Mathematik. Doch fing die Chemie an sich wissenschaftlich zu erheben. Indem sie der Physik immer näher trat, und von den Physikern als verwandte Wissenschaft mehr und mehr gewürdigt und beachtet wurde, ist es beiden Wissenschaften möglich geworden, sich kräftig heranzubilden. —

Vorzüglich war es von unsern Physikern Mussenbroek, der durch die trefflichen Versuche der Florentiner Academie veranlasst, in seinen Experimenten über die Natur und Eigenschaften der Wärme dieselbe auch von chemischer Seite auffasste, und so bei seinen Untersuchungen Hand in Hand ging mit seinem nicht minder berühmten Collegen Boerhave. Dafür sprechen hinlänglich seine vielen Experimente über die Ausdehnung der Körper durch die Wärme, wobei das von ihm erfundene Pyrometer*) zu er-

*) On trouvera, sagt Sigaud de la fond a. a. O. T. II. p. 199, dans Mussenbroek une suite d'observations tres bien faites à cet egard.

wähnen; (Tentam. p. 2. pag. 12. Taf. 30.) von ihm selbst verbessert und vereinfacht in der introd. T. II. §. 1527. Taf. 33.; ferner seine Versuche über die Erwärmung verschiedener Körper durch unmittelbare Einwirkung des Sonnenlichtes (introd. T. II. §. 1620. u. ffg.) über die Reinheit der Flammen (introd. §. 1655) u. s. v. A.

Ueber das Wesen der Wärme war wenig bekannt. Durchgehends finden wir bei den Physikern den Grund der Erscheinungen, in denen Wärme bemerkbar wird, mit den Namen Feuer, Feuermaterie bezeichnet. So bei de Lüc, Pictet, Prevost u. A.

'sGravesande sagt: „intima ignis natura ignota est. Sed ibi illud, quod ignem vocamus, adesse dicitur, ubi Calorem et lumen observamus.“ Dass also zu dem, was man Feuer nannte, die Wärme nothwendig gehöre, sah man wohl ein; doch scheint man jene Phänomene, in denen die Wärme wirkt, ohne als Feuer sichtbar zu seyn, noch nicht genug gekannt zu haben. Allein bald erhöhten die Erscheinungen am Thermometer das Interesse für diesen Gegenstand, das schon seit den Florentiner Versuchen immer reger geworden, und nicht minder durch Baco's Aus-

---

Lambert hat Mussenbroek's Pyrometer verbessert. Neuere Pyrometer von Mill, Daniell u. A.

Hier möchte ich auch der trefflichen pyrometrischen Versuche des Prof. Heinrich von Regensburg erwähnen, da sie die Mussenbroekischen in Manchem ergänzen und berichtigen. Phys. Abhandlung. der Bayer. Acad. 2 Abtheil. München 1806.

spruch hervorgerufen worden war, die Wärme sey ein vorzügliches Agens, sowohl in der Werkstätte der Natur, als bei künstlichen Operationen; ein Satz, den, wie manchen andern dieses denkenden Mannes, in neuester Zeit unsre Fortschritte in der Naturkunde am deutlichsten bewährten. *)

Da war denn nun die erste Frage, ob das in den Erscheinungen Wirkende ein materieller Stoff sey, oder nicht. Einige, der erstern Ansicht zugethan, glaubten durch ihre Versuche sich von der Schwere dieses Stoffes überzeugt. Boerhave jedoch bezweifelt diese Schwere, und Mussenbroek fügt ganz richtig bei, dass Experimente hierüber ihn belehrt hätten, man könne da nichts sehr zuverlässiges gewärtigen. Wir sehen deutlich, dass Mussenbroek auch hier, wie fast immer auf dem rechten Wege war durch das sichere Experiment geleitet, leere Speculation und Hypothese zu verbannen. Allein so sehr er sich auch bemüht, durch viele Versuche, die er den Tentaminibus der Acad. del Cim. in Additamentis beigefügt, die Nichtigkeit der Hypothese einer kaltmachenden Materie zu zeigen, die fast die meisten Physiker damaliger Zeit angenommen hatten, um die bei Salzauflösungen etc. entstehende Kälte zu erklären, so kann er

---

*) Erst seitdem in der Ableitung der atmosphärischen Erscheinungen statt der Electricität die Wärme als Grundphänomen anerkannt worden ist, hat die Meteorologie entschiedene Fortschritte gemacht, jeder derselben ist die Durchführung dieses Gedanken an einer besondern Erscheinung. — H. W. Dove in d. Jahrb. f. wissenschaftl. Kritik, 1831. Bd. I. S. 724.

dennoch nicht bergen, wie sehr ihn dieser Gegensatz der Wärme genirt, und wie wenig er das Phänomen der Kälte kannte, zeigt schon seine Meinung, die Erkältung verhalte sich durch verschiedene Körper, wie die Dichte derselben, was offenbar falsch ist. Doch schmälert diess nicht im geringsten sein Verdienst; denn gerade seinen Versuchen, den ersten über die Ausdehnung der Körper, die freilich seit ihm vielfach verbessert und erweitert worden sind, verdanken wir genaue Kunde über das Wesen und die Eigenschaften der Wärme, und vorzüglich diese seine Versuche geben die Veranlassung, dass man, durch neue und bestätigende Experimente überzeugt, anfing, die Wärme, wie sie als Wärme wirkt, auch als solche gelten zu lassen, und mit Feuer, Feuer-Materie nicht mehr, wie bisher den Grund der Wärmephänomene zu bezeichnen, sondern Feuer die Verbindung des Lichtes mit dem Wärmestoffe nannte, was bekanntlich der treffliche Gren zuerst gethan. —

Die allgemeine Erfahrung, die schon Boyle und Hauksbee gemacht, dass durch Reibung Wärme erzeugt werde, und zwar in luftleerem Raume noch schneller, als in lufterfülltem, bestätigen 's Gravesande's Experimente, die ich blos desshalb hier anführe, weil sich 's Gravesande zu denselben einer eignen Maschine bedient, die Taf. 80 in Tom. II. d. Elem. sehr deutlich und schön abgebildet ist. (Elem. Lib. IV. cap. 11. experim. 10).

Dünste und Dämpfe.

Wärmezunahme bewirkt, sagt 's Gravesande, (Elem. T. II. §. 2440.) dass die Körpertheilchen, deren Contraction durch die Expansion überwunden wird, sich gegenseitig fliehen, d. h. die elastische Form annehmen, was wir bei Dünsten und Dämpfen beobachten.

Dünste können also durch Wärme erzeugt werden, ohne dass zu ihrer Entstehung irgend ein anderer Stoff nothwendig wäre. Zwar führt Mussenbroek an, (Essai de phys. p. 737) dass ein Gefäss mit warmem Wasser gefüllt, unter dem Recipienten anfänglich stark ausdünste, dann immer weniger, je mehr Luft ausgepumpt würde. Doch zeigen die genaueren Experimente Leslie's, Parrot's u. A., dass die Luft zur Verdünstung nicht unumgänglich nothwendig sey. Diese Versuche haben auch gezeigt, dass in den meisten Fällen durch Verdünstung Kälte erzeugt werde. Diese Erkältung, die Grundursache bei den wäss'rigen Meteoren scheint unsern Physikern entgangen zu seyn, weil sie bei Erklärung dieser meteorischen Erscheinungen fast immer ihre Zuflucht zur Electricität nehmen. Doch die Darstellung ihrer Ansichten hierüber, wie auch über das Aufsteigen der Dünste, worüber sie verschiedene Meinungen hatten, in denen 's Gravesande [der Wahrheit am nächsten kam, Desaguliers aber am meisten sich in unklare Begriffe verwirrte, gehört nicht hieher, und ich verweise daher auf ihre Werke. Mussenbr. introd. Tom. II. §. 2297.

's Gravesande Elem. T. II. §. 2543. Desaguliers in den philos. Transact. An attempt tho solve the phaenomenon of the rise of vapours etc. u. in Cours de phys. T. II. Leç 10.

Doch ist die Wärme nicht allein Entstehungsgrund der Verdünstung. Die neuere Chemie hat gelehrt, dass Dünste auch ohne Mitwirkung der Wärme entstehen. Parrot nennt diese Dünste die chemischen.

Die gesammte jährliche Ausdünstung setzt Mussenbroek nach seinen Untersuchungen auf ungefähr 79 Centimeter (2,706 bayer. F.) und hält sie für hinreichend, das Wasser der Flüsse zu erhalten. Seine Versuche, um die Grösse der Ausdünstung zu bestimmen, fügt er in den Additamentis der Tentam. Acad. del Cimento bei, p. II. pag. 62. Ihm folgte in der Untersuchung dieses Gegenstandes der treffliche Saussure*).

Hier muss ich auch die von Desaguliers erfundene Vorrichtung anführen, durch deren Hülfe er die Luft der Krankenzimmer reinigte, und eine ähnliche, wodurch er die schädlichen Dünste aus Kohlen und Kupferminen entfernte. Da die Beschreibung derselben zu viel Raum bedürfte, verweise ich auf Saverien histoir. de phil. modern. p. 263. u. ffg. und Cours de phys. Tom. II. in der Nachschrift zu den Anmerkungen der 11. Vorlesung.

---

*) Eine der neuesten Schriften, die die Vorrichtungen behandelt, welche seit Saussure erfunden, und gebraucht worden sind, um die Verdünstung zu messen, ist die Preisschrift Bunsens „Enumeratio ac descriptio hygrometrorum, quae inde a Saussurii temporibus praeposita sunt. Götting. 1830. 4.

Gleich bemerkenswerth sind Desaguliers Versuche Zimmer durch erwärmte Luft zu heitzen.*)

Mussenbroek nennt in seinen Additam. p. 61. der Tentam. p. II. Baco von Verulam einen der ersten, welcher durch das Experiment gefunden habe, dass das Wasser durch die Wärme in eine elastische Flüssigkeit übergehe; analog der atmosphärischen Luft, was aus einem der ältesten Experimente mit dem Aeolus-Ball (Aeoli pila)**) bekannt. Am angeführten Orte spricht er dann von der ungeheuern Kraft des Dampfes und führt einige Anwendungen an, die erfindungsreiche Mechaniker mit demselben gemacht haben. Der erste, der da genannt wird, ist Savery, von dem wir auch die erste, freilich noch unvollkommene, Dampfmaschine haben. Desaguliers und 's Gravesande haben sie verbessert und vereinfacht; vorzüglich ersterer, der mehrere verfertigen liess, und daher den Mängeln, die er an der einen Maschine bemerkte, bei Verfertigung einer neuen abhelfen konnte. Ich erwähne nur seine Verbesserung der Maschine durch einen Recipienten, und die Anbringung eines Ventiles, wodurch sie, wie dort an Vereinfachung, hier an Sicherheit für den Gebrauch gewann; denn im Detail hierüber zu sprechen, wäre überflüssig, indem die ganze Lehre von der Nutzanwendung des Dampfes durch die Engländer, deren fast aus-

---

*) In neuester Zeit hat Dr. G. A. Lerch über die Heitzung durch erwärmte Luft bei deren Anwendung im Irrenspitale zu Hofheim gesprochen.

**) 's Graves. Elem. Lib. IV. cap. 10. exper. 4.

schliessliches Eigenthum sie auch in neuester Zeit geblieben ist, auf einen bedeutend vollkommneren, mehr umfassenderen Standpunkt gehoben wurde. —

Ein paar Versuche, gegründet auf die Idee, durch die Kraft des Dampfes Bewegung hervorzubringen, finden wir bei 's Gravesande und Mussenbroek.

Wie in Segners hydraulischer Maschine durch das Ausströmen des Wassers, so wird hier durch das Ausströmen des Dampfes Bewegung bewirkt, und zwar eine drehende im Experimente Mussenbroek's, der durch den Dampf einen Cylinder um die eigne Achse bewegt; (introd. T. II. §. 1469.) und fortgleitende Bewegung im Experimente 's Gravesande's, welcher eine mit Wasser nicht ganz gefüllte Metallkugel so erhitzt, dass das Wasser in Dampf übergeht, dann die Kugel auf ein kleines Wagengestell bringt, und den Dampf entweichen lässt, der mit der Kugel natürlich auch den Wagen bewegt. ('s Grav. Elem. Lib. IV. cap. 10. experim. 5.)

Atmosphärische Luft.

Dass das Barometer für die Aerostatik das wichtigste Instrument sey, und als solches erkannt wurde, beweisen die schon damals mit demselben seit dessen Erfindung von Torcelli vorgenommenen Veränderungen, die stets Verbesserung desselben beabsichtigten, aber nicht immer gaben; und dass der Gebrauch desselben für die Naturkunde grosses Interesse gewähre, dafür sprechen in unsern Tagen die

vielen Beobachtungen und Erfahrungen, die durch dasselbe gemacht worden sind, und wovon die neuern naturwissenschaftlichen Journale übervoll sind.

Desaguliers gibt eine gute Anleitung, sich vollkommne Barometer zu verfertigen, (Cours de phys. T. II. Leç. X.) und fügt die Methode Mussenbroek's die Barometerröhren zu füllen, hinzu.

Den Barometerstand am Meere gibt Mussenbroek auf 311 par. L.*), freilich zu wenig genau, Argelander verbessert die Angabe auf 314, 1 p. L., nach Lindenau und Gilbert ist in gemässigten Klimaten die Barometerhöhe am Meeresufer (bei 0° Reaum.) 337, 42 Lin.

Die Art, wie Mussenbroek die meteorologischen Ephemeriden vom Jahre 1728 aufzeichnet, ist recht passend, und zeigt von der grossen Genauigkeit dieses Physikers bei seinen Beobachtungen.

Die Elasticität der Luft aber war es hauptsächlich, die zu verschiedenen Versuchen und Experimenten aufforderte. Die Windbüchse**) zeigte auf eine sehr artige Weise die Kraft dieser Elasticität, die selbst nach vielen Jahren, während welcher die Luft in einer solchen eingeschlossen blieb, sich nicht vermindert hatte; was auch Mussenbroek's Versuch mit einer Glasröhre bestätigt, in welcher die vom Quecksilber gedrückte Luft fünf Jahre hindurch nichts von ihrer Elasticität verloren hatte. (introd. Tom. II. §. 2161.)

*) Gilb. Annal. B. 73. S. 410.

**) Mussenbr. introd. T. II. §. 2111.

's Gravesande beweist, dass diese elastische Kraft der Lufttheilchen im umgekehrten Verhältnisse der Entfernung stehe, welche zwischen dem Mittelpunkte derselben sind. (elem. lib. IV, cap. 2. §. 2112.)

Nach Mussenbroek (introd. §. 2120.) soll 's Gravesande schon früher, ehe ihm der berühmte Mechaniker Joh. v. Mussenbroek, der Bruder unsers Physikers, Luftpumpen nach seiner Art verfertigte, die Luftpumpe Volders verbessert haben, die schon seit 1675 im physikalischen Kabinette zu Leyden gebraucht worden sey. Später gab 's Gravesande zwei Vorrichtungen dieser Art an, die sogenannte einfache und doppelte Luftpumpe; vergl. Fischers Geschichte d. Phys. B. II. S. 452 u. ffg.

Ehe wir jedoch diesen Abschnitt verlassen, muss ich bemerken, dass die Aufmerksamkeit, womit Desaguliers die Eigenschaften, Wirkungen und Veränderungen der Luft untersucht, hinlänglich beurkundet, es habe ihm bei seinen Studien der wissenschaftliche Geist nicht gefehlt, den man ihm abzusprechen scheint, wenn man ihn zum blossen Experimentenmacher herabwürdigt.*) Ich will hier nur seine Ver-

---

*) Wie Goethe gethan, der von ihm sagt, er habe seine Experimente recept gemäss gemacht! —

Hauksbee hatte vor Desaguliers öffentliche Versuche über Elektricität, Hydrostatik und Pneumatik angestellt, mit Ausschluss alles Theoretisirens, eine Methode, die Desaguliers nicht geeignet fand, darauf die Grundsätze einer wahren Natur-Philosophie zu gründen; daher er bei seinen Vorträgen der Methode Keils folgt. „Hauksbee, sagt er, fait un cours d'ex-

suche erwähnen, die Saverien erzählt, über die Luft in der Brust und im Blute der Thiere, ob es möglich warme Luft zu athmen etc.; dann die Untersuchungen, wie die Luft verdorben wird, und die Vorrichtungen verdorbene Luft wieder zu reinigen u.s.w.; sie beweisen das Gesagte zur Genüge. (Saverien hist. des philos. modern. p. 257. u. sqq.

Schall.

Hier habe ich nur wenig anzuführen; denn fast Alles, was die damalige Physik vom Schalle wusste, ist Ungenügendes. *) Ueberhaupt sehen wir, wie wenig man damals durch gegenseitige Supplirung der Phänomene und ihrer Grundursachen dem Wissen vorwärts half, schon daraus, dass man, als aus's Gravesande's, Hauksbee's u. A. Erfahrung, dass der Schall in verdichteter und erwärmter Luft verstärkt werde, die Ueberzeugung hervorgegangen war, der Schall werde durch vermehrte Elasticität vergrössert, dennoch die Elasticität des Wassers noch immer nicht zugeben wollte, dessen Fortpflanzungsvermögen des Schalles man aus den Versuchen erkannt hatte.

Mussenbroek's cap. 40. introd. „De sono“

periences, et Keil un cours de physique experimentale. Vergl. Goethe „Farbenlehre. B. II. S. 453. u. ffg.

*) Z. B. die Darstellung vom Wesen des Schalles; Mussenbr. introd. T. II. §. 2190.

verdient Beachtung wegen der Untersuchungen über die Leitungsfähigkeit des Schalles verschiedener Körper. —

's Gravesande elem. lib. IV. cap. 7. beschreibt die seinen Experimenten über den Schall dienliche Vorrichtung, die verschiedene Modificationen zulässt. In seinen Untersuchungen über die Schwingungen der Saiten, blieb er lange ohne Nachfolger, ein desto tüchtigerer ward ihm aber später Chladni.

Dass der Schall durch die wellenförmige Bewegung der Luft erzeugt werde, beweist er durch deutliche Versuche; desshalb auch die Aufschrift: „de „aeris motu undulatorio, ubi de sono" — elem. lib. IV. cap. 7. —

Licht.

Wer die Geschichte der Physik kennt, wird schon vorher wissen, dass ich in Betreff der Leistungen unserer Physiker in den optischen Wissenschaften nichts weiter zu sagen habe, als dass sie sich bestrebten, durch ihre Versuche das, was Newton gelehrt, zu wiederholen, zu bestätigen, und immer mehr zu bekräftigen. Newton, dieser Stern erster Grösse, dessen Glanz die Fortschritte der Naturwissenschaft auch in neuester Zeit nicht vermindert haben, überstrahlte ohne alle Beschränkung den ganzen Gesichtskreis des damaligen Naturstudiums. Was er ausgesprochen war gültig, und jeden erfreute es durch eigenen Versuch es bestättigt zu finden;

denn Newton wusste das, womit er die Wissenschaft bereichert und gehoben, so geschickt und klar aneinander zu reihen, dass es wie in sich abgeschlossen und vollendet dastand. Daher der Eifer Desaguliers bei Vertheidigung Newtons gegen Rizetti, daher die Newtonische Optik in den Werken 's Gravesande's und Mussenbroek's.

Auch Göthe lobt die Zeichnung der perspektivisch mit Licht und Schatten vorgestellten Experimente in 's Gravesande's Werk; denn reinere und richtigere Zeichnungen, die den Apparat und das ganze Experiment so anschaulich machen, finden wir in keinem physikalischen Werke damaliger Zeit. Und Göthe hat allerdings Recht, sich über den unnöthigen Aufwand bei diesen Zeichnungen zu ärgern, indem reine illuminirte Linearzeichnungen weit eher zum Zweck geführt hätten; doch möchte ich fragen, wer denn zuerst ans Illuminiren gedacht!? —

Mussenbroek's Versuche über die durch Vermischung verschiedener Liquoren entstehenden Farben, wie über die Kraft gefärbter Mittel, das Licht zu verschlucken, und die Verschiedenheit dieses Vermögens nach Verschiedenheit der Färbung, führe ich desshalb hier an, da wir ihn hier wieder mit chemischen Operationen beschäftigt sehen. Seine vielen Erfahrungen, die, wie er selbst sagt, noch lange nicht den Gegenstand erschöpft haben, und die er zusammenstellt blos um uns „einen ganz kleinen „Vorgeschmack zu geben" — finden sich in den (Tentam. der Acad. d. Cim. P. II. pag. 93. und ver-

mehrt mit Boerhave's und Andr. in der introd. Tom. II. pag. 740 u. sqq. u. p. 800 u. sqq.) Ueber die Geschwindigkeit des Lichts finden wir in den Tentam. P. II. pag. 183 erzählt, dass Galilaei sie durch Fackeln zu bestimmen suchte, die er in verschiedenen Entfernungen ausstellen liess. Mussenbroek bemerkt im Additam., dass dieser Gegenstand überhaupt durch Versuche der Art nicht bestimmt werden könne. Am Schlusse fügt er die Entdeckung Roemers bei, v. Tentam. an der angef. St.

Wen es vergnügt, sich über den Zustand und Gebrauch der damaligen optischen Instrumente, der Apparate zur Refraction der Sonnenstrahlen, des 's Gravesandischen Heliostaten, der Mussenbroekischen Microscope u. s. w. zu belehren, der möge 's Gravesande's und Mussenbroek's Werke lesen, und er wird sie nicht unbefriedigt aus der Hand legen, wenn er den damaligen Standpunkt der Physik nicht aus dem Auge gelassen.

Magnetismus.

Mussenbroek stellt in seiner Dissertatio de magnete (in den Diss. phys.) alle Beobachtungen und Erfahrungen seiner Zeit zusammen, und vermehrt sie durch eigne, mitunter nicht unschätzbare Experimente.

Gegen Gassendi's und Andr. Annahme magnetischer Ausflüsse eingenommen, bemüht er sich

vorzüglich (introd. Tom. I. §. 955.) die Kraft der magnetischen Anziehung zu finden, und beweist zuerst, wie er es selbst sagt, dass die magnetische Kraft, die den Körper durchdringe, keine Verminderung leidet. Doch stimmen seine Gesetze der magnetischen Anziehungskraft nicht mit denen überein, die andere Physiker aufgestellt haben. Da er aus seinen Experimenten den Schluss zieht, dass der Magnet auf jeden Körper wirke, der nur irgend einen Theil Eisen halte, wird er nothwendig zu neuen Untersuchungen über verschiedene Körper, zumal über die Natur des indianischen Sandes geführt, weil er diesen vom Magnete afficirt findet. Einige Versuche hierüber theilt er Desaguliers mit. Vergl. Hamburg. Magazin. Bd. IV. St. 6.

Dass die Lehre vom Magnete durch die neuern Entdeckungen eine ganz andere Gestalt gewonnen, und besonders der Magnetismus der Erde seine für die Naturkunde erfolgreichen Fortschritte dem erfahrendsten der heutigen Naturforscher, Alex. v. Humboldt zu danken hat, ist bekannt.

Elektricität.

Aus der Abhandlung Desaguliers, durch die er im Jahre 1742 den Preis der Akademie der Wissenschaften zu Bordeaux sich erwarb, (auch in seinem Cours de phys. Tom. II. Lec. X. enthalten) können wir entnehmen, dass die ganze Lehre der

Elektricität zu seiner Zeit noch sehr unvollkommen war. Die wichtigen Entdeckungen der Folgezeit in diesem Gebiete wurden erst möglich gemacht durch die Verbesserung der alten und Erfindung neuer elektrischer Apparate. Daher können auch Desaguliers durchaus nicht sparsam angestellte Versuche über Ursache und Wirkung der Elektricität u. s. w. nicht sehr von Erheblichkeit seyn, wiewohl sie manche früher schwankende Ansicht fester begründeten, und überhaupt, als die fast ersten Versuche über Erscheinungen, die jedem in ihrer Art so seltsam schienen, immer Werth haben. So ist die Eintheilung der Körper in elektrische und nicht elektrische Leiter von Desaguliers, was vielfältige Versuche und Beobachtungen voraussetzen lässt; auch gebrauchte er zuerst für jene Körper, die sich durch Communication elektrisiren, den Namen Conductor.

Mussenbroek ist allerdings auch einer der ersten, welche die elektrischen Erscheinungen beobachtet und genauer untersucht haben. Er führt in seiner introduct. verschiedene kleinere Versuche an, zum Theil recht amüsirliche Experimente, um die Wirkung der Elektricität zu zeigen, so z. B. §. 874 die tanzenden Männleins, die noch immer im Experimental-Vortrage Belustigung gewähren. Doch schon seit er von der Wirkung der verstärkten Elektricität so schlagend überzeugt worden war, dass er Frankreichs Krone lieber ausgeschlagen hätte, als sich noch einmal dieser Wirkung ausgesetzt, war er ge-

gen die Elektricität etwas misstrauisch geworden, und wenn er uns erzählt, wie seine liebe Frau, die ihn bei seinen Experimenten so fideliter (wie er sich selbst ausdrückt) immer unterstützte, bei diesen Experimenten ermattete, erkrankte, und daher, als sich ergab, dass es Wirkung der Elektricität gewesen, nimmer mit experimentiren wollte — werden wir es ihm verargen, dass er der Elektricität nicht mehr Aufmerksamkeit geschenkt!? —

Schluss.

Leicht wird man die Verdienste Desaguliers, 's Gravesandes und Mussenbroek's aus der kurzgefassten bisherigen Darstellung beurtheilen können, in der ich mich bestrebte, die Leistungen unserer Physiker in den einzelnen Zweigen der Experimental-Naturlehre mit stetem Rückblick auf den damaligen Grad der Ausbildung derselben anzuführen, und es bleibt mir neben der allgemeinen Uebersicht über den durchgeführten Gegenstand nur noch einiges Wenige hier am Schlusse meiner Abhandlung beizufügen, um das, was die gegebene Frage will, nämlich eine vergleichende Würdigung der Verdienste unserer Physiker vollends zu geben.

Ihre Werke sind es, auf denen die Abhandlung, als auf ihrem festen Grunde ruht; denn aus ihnen müssen wir den Stoff für dieselbe entnehmen. Klar wird es daher jedem seyn, dass diese ihre Werke einer vorzüglichen Beachtung werth sind, wenn wir mit Erfolg die Physik der damaligen Zeit würdigen

und die Verdienste unserer Physiker um dieselbe beurtheilen wollen; denn unsere Aufgabe ruht auf historischem Grunde, und man darf nicht meinen, bei der Würdigung dessen, was Desaguliers, 's Gravesande und Mussenbroek in der Experimentalphysik geleistet, sei blos zu erwähnen das eine oder andere Instrument ihrer Erfindung, die eine oder andere Maschine, die sie verbessert und vervollkomnet haben. So sehr man allerdings einerseits diess als die Hauptsache für unsre Abhandlung auffassen muss (denn so fodert es schon die Richtung, die das naturwissenschaftliche Studium damals genommen), ebenso wenig darf anderseits der wissenschaftliche Geist ausser Acht gelassen werden, der diese Richtung hervorgerufen, indem er die spekulative Physik (philosophia naturalis *) zur experimentalen machte, und den unsre Physiker durch Wort und That in ihren Lehrvorträgen, wie in ihren einsamen Forschungen beurkundet haben. Ihre Werke geben uns diese Ueberzeugung. Wenn auch von vielen Seiten treffliche Männer

---

*) Die Newtonische philosophia naturalis, ein Name, den seine Schüler fortwährend behielten, auch 's Gravesande und Mussenbroek auf dem Titel ihrer Lehrbücher führen, ist freilich nicht das, was wir heute Naturphilosophie nennen. Vergl. Göthe's Farbenlehre II. p. 454. — Ein Vorgänger 's Gravesandes und Mussenbroek's auf der Universität zu Leiden, Prof. Bacy gab schon 1655 einen clavis philosophiae naturalis, seu introd. ad naturae contemplationem Aristotelico - Cartesiana heraus.

der Experimentalphysik freundlich sich annahmen, in den Werken Desaguliers, 's Gravesandes und Mussenbroek's ist sie sicher begründet, wie in wenig andern. Daher auch, als der Weg durch Gleichgesinnte immer mehr gebahnt worden, die Ausbreitung ihrer Lehrvorträge durch ihre Schüler und durch Uebertragung ihrer Werke in fremde Sprachen. So waren, wie Saverien erzählt, unter zwölf Lehrern der Physik damaliger Zeit acht Schüler des Desaguliers; und viele, nicht minder berühmt gewordene Namen, als Cuneus und Allamand konnten 's Gravesande und Mussenbroek unter ihre Schüler rechnen. —

Was die Uebersetzung ihrer Werke betrifft, so muss ich hier der französischen Uebersetzung von Desaguliers englischer Experimentalphysik *) durch den Jesuiten P. Pezenas das Wort sprechen. Wenn nicht schon als Professor der Hydrographie zu Marseille **) bekannt, so hat er sich durch diese

---

*) Ich habe bei Bearbeitung dieser Abhandlung die französische Uebersetzung benützt; das englische Werk führt den Titel: „A Course of Experimental-Philosophy by John Theoph. Desaguliers, L. L. D. F. R. S. Cchaplain to his royal Highness Frederic Prince of Wales, Formerly of Hart Hall (now Hertford College) in Oxford. London. Die erste Auflage des 1ten Thls. 1734. (2te Aufl. 1745, der II. Theil erschien 1744. Auch die Deutschen erhielten Desaguliers Experimental-Physik und zwar in einer lateinischen Uebersetzung, die ich leider nicht zu Gesicht bekam.

**) Von ihm ist: „la theorie et la pratique de jaugeage des toneaux, des navires et de leurs segmens.

getreue Uebertragung, durch die er den von England gewonnenen Desaguliers seinem Vaterlande wieder zurückgab, ein bleibendes Verdienst erworben. Auch 's Gravesandes Elemente der Physik wurden ins Holländische und Französische übersetzt; eben so Mussenbroek's Werke, von denen mir auch Gottscheds Uebersetzung ins Deutsche bekannt geworden ist *). Besonders aber hat Joh. Lulolf durch die Herausgabe der introductio ad phil. naturalem in 2 Bdn. nach Mussenbroek's Tode sich alle Physiker verpflichtet, und ich bin der Meinung, dass die Lektüre dieses Werkes einem jungen Physiker mehr Genuss und Nutzen bringen mag, als manches von den seither erschienenen neuern Lehrbüchern, das als ein eilftes aus zehn andern entstanden ist.

Die Werke unserer Physiker tragen das Gepräge der Newtonischen Naturphilosophie; denn, als sie im Vergleiche mit der Aristotelischen und Cartesianischen Philosophie die Newtonische, als die auf richtigerem Grunde ruhende erkannt hatten, waren sie mit Recht bemüht, dieselbe zu begründen und zu verbreiten, was ich schon mehreremale Gelegenheit hatte zu bemerken. Doch war ihr Bestreben hiebei nicht todtes Nachbeten, ihr Wirken war ein selbstständiges, und was Mussen-

*) Hrn. Pet. v. Mussenbroek's Grundlehren der Naturwissenschaft ins Deutsche übersetzt etc. von J. Chr. Gottsched. Leipzig 1747.

broek sagt*), in den Schriften grosser Männer finde man nicht viel Autoritäten und Allegate, indem sie jeden Versuch, der angeführt werde, selbst wiederholten, und daher sich selbst autores seyen, gilt von ihm selber, wie von Desaguliers und 's Gravesande. —

Desaguliers ist am leidenschaftlichsten für Newton eingenommen, daher auch weniger selbstständig, als Mussenbroek und 's Gravesande. Letzterer, obwohl er in seinem Werke blos Newton mit Ausschluss aller übrigen Philosophen lobt, (worüber sich besonders Bernoulli sehr aufgehalten hat) liess sich dennoch von seiner hohen Achtung, die er für den grossen Britten hegte, nicht bestimmen, ihm auch in dem beizupflichten, wo er vom Gegentheile sich überzeugt hatte. So brachten ihn seine Abhandlungen über das Maas der Kräfte, über den Stoss der Körper, in denen er durch seine Versuche Leibnitzens Ansicht bestätigt fand, in grossen Streit mit Clarke, Caladrin u. A. Doch danken wir diesem Streite einige treffliche Abhandlungen, die 's Gravesande in dem Journal litteraire und Journal historique de la Republique des Lettres kund machte. Mussenbroek vorzüglich ist es, der in den Untersuchungen der Eigenschaften der Körper die Bahn brach, der überhaupt in der Experimentalphysik Originalität behauptet.

---

*) In der oratio de methodo instituendi experimenta physica (v. Tentam.)

Mechanik, Hydrostatik, Hydraulik, Pneumatik und Optik waren seit Newton die Haupttheile der Experimentalphilosophie, wie man sie damals nannte, oder, wenn wir die Astronomie*) noch hinzurechnen, der damaligen Naturphilosophie; denn Newtons neubegründete Physik war eine mathematische, und dieser Richtung, die Phänomene im Experimente wieder zu geben, nach dem Grunde derselben zu forschen und das Phänomen mathematisch zu deduciren, waren unsre Physiker gefolgt, wie diess in dieser Abhandlung deutlich genug hervortritt.

Daher hatte die allgemeine Physik unsern Physikern am meisten zu danken. Desaguliers opferte der Mechanik, in der er selbst viel gethan und uns die Kunde von vielem, was in ihr Ausgezeichnetes geleistet worden, erhalten hat, alle übrigen Gegenstände der Physik. Die Mechanik ist der vorherrschende Theil in seinem Werke, daher blieb er im Uebrigen minder fruchtbar. 's Gravesande, schon frühe von der Mathematik angezogen, legte die Früchte seines frühen Fleisses in dem Versuche über

*) Auch in diesem Gebiete haben uns're Physiker mit Erfolg gearbeitet: Desaguliers Abhandlung über die Figur der Erde etc. in den philosoph. Transact. Sein treffliches Planetarium, welches uns Saverien a. a. O. beschreibt. — 's Gravesandes astronom. Abhandl. (über die Bewegung der Erde — veranlasst durch die bekannte Stelle in d. hl. Schr.) Mussenbroek hat besonders viele Aufmerksamkeit den meteorischen Erscheinungen gewidmet.

die Perspective *) an den Tag, in dem er die Schärfe seines jugendlichen Geistes beurkundete, und was zu erwarten blieb, dass die mathematische Physik durch ihn, der sich über den Werth der Mathematik in der Abhandlung: „De matheseos in omnibus scientiis, praecipue in physicis usu etc. und in der Oratio de evidentia“ ausgesprochen hatte, einer ausgezeichneten Bearbeitung erfreuen dürfe, haben seine Elementa phys. mathematica etc. dargethan, das erste Werk, dem der Name „Lehrbuch der Experimental-Physik“ gebührt. Seine trefflichen Untersuchungen und Experimente über die Bewegung fester und flüssiger Körper konnten allein ihm den Ruf eines der ersten mathematischen Physiker sichern.

Auf gleiche Weise hat sich Mussenbroek verdient gemacht, von dessen unermüdeter Thätigkeit vorzüglich im Gebiete der allgemeinen Physik in dieser Abhandlung am meisten die Rede war. Wir sahen in ihr, wie 's Gravesande und Mussenbroek besonders jene Theile der Physik bearbeitet haben, die wir mit dem Namen „angewandte Mathematik“ belegen: daher von den optischen Wissenschaften vorzugsweise der Katoptrik ihre Aufmerksamkeit zugewendet wurde. Dafür sprechen 's Gravesandes gründliche mathematische Demonstrationen über die

---

*) Diese Abhandl. hatte er schon im 19. Jahre ausgearbeitet, doch scheute er sich seiner Jugend wegen sie heraus zu geben; sie erschien erst 3 Jahre später (1711). In dieser Abhandl. ist auch s. Camera obscura beschrieben.

Reflexion der Lichtstrahlen auf rauhen und glatten, ebenen und krummen Flächen u. s. w.

Eine Vergleichung der Verdienste uns'rer Physiker wird nun dahin lauten.

Als Begründer der Experimental-Physik theilen sie mit Boyle, Mariotte, Nollet und A. gleichen Ruhm in der Geschichte der Wissenschaft; indem sie, als die blinde Vorliebe fürs Experimentiren alle Theorie und alle geistige Verbindung des Erfahrnen vergessen liess, mit ihren Versuchen ein wissenschaftliches Bestreben verbanden. Desaguliers wohl am wenigsten, 'sGravesande mehr, am meisten aber Mussenbroek; daher auch die Leistungen der beiden letztern weit umfassender und ergiebiger seyn mussten, als die des erstern, und desshalb Mussenbroek als Experimentator bei weitem höher stand, als Desaguliers, wie wohl 'sGravesandé von diesem sagt: cujus peritia in instituendis experimentis nota est. So sind Mussenbr. Experimente über die Cohaesion die Grundlage aller folgenden geblieben, und haben im Fortgange der Wissenschaft manche diese fördernde Ansicht hervorgerufen *).

In gleicher Reihenfolge stehen sie auch in Betreff ihrer Erfindungen der Instrumente und Maschi-

*) Richter vermuthet ein Verhältniss der Wärmecapacitäten der Körper mit der Cohäsion; Arnim eine genaue Verbindung derselben mit dem Magnetismus. u. m. A. (Vergl. auch Siber's Physik. S. 66 u. 174.

nen, wesshalb sich auch die Mussenbroekischen am längsten in der Physik gehalten haben, und seiner und 's Gravesandes noch immer in Vorlesungen über Experimental-Physik gedacht wird; was in dieser Abhandlung mehreremale angedeutet worden.

Wenn wir nun bedenken, dass Desaguliers, 's Gravesande und Mussenbroek, als sie sich ihrem Berufe widmeten, nicht einen ausgewählten physikalischen Apparat um sich hatten, wenn wir bedenken, dass der Reichthum von Versuchen, den die Naturwissenschaft uns'rer Tage dem experimentirenden Physiker für seine Vorträge darbietet, damals kaum geahndet wurde, so werden wir leicht die Ueberzeugung gewinnen, dass Männer, die sich ihre Wissenschaft gleichsam selber auferbaut, die sich den hiezu dienlichen Apparat fast ganz selber schaffen mussten, theils durch eigene Erfindung, theils durch Verbesserung des Vorhandenen: dass solche Männer stete Anerkennung und Würdigung ihrer Arbeiten und Erfindungen verdienen. Und wenn auch die Physik, seit diese Männer für sie zu wirken aufgehört haben, in vielem weiter vorangeschritt, wenn zumal die specielle Physik eine ganz andere geworden, ja wenn durch die neuesten Entdeckungen in diesem Gebiete fast mehr geschah, als vor noch nicht langer Zeit Wünsch erwartete *),

*) Wünsch in Gilb. Ann. B. II. p. 289. (1807) — — „Wie manche Schuppen werden uns nicht von den Augen fallen, wenn die

wenn wir mit Recht uns immer mehr zu freuen haben, wie weit der menschliche Geist zu dringen, welche Fernen er zu erfliegen, welche Tiefen er zu durchmessen vermag: dennoch wird das Feld der Erfahrung nie abgeschritten seyn, und die Worte Senecas:

„Veniet tempus, quo ista, quae nunc latent, in lucem dies attrahat, et longioris aevi diligentia. — — Veniet tempus, quo posteri tam aperta nos nescisse mirentur! —“ wird der Naturforscher zu jeder Zeit wiederholen müssen, und so mag es immer wahr bleiben, was unser Motto ausspricht:

Multi pertransibunt et augebitur scientia! —

---

elektrischen und magnetischen + und — Flüssigkeiten, Wärmestoff und Lichtstoff für uns die Repräsentanten einer und derselben Kraft sind!“ —

v. Schelling über Faradays neueste Entdeckung. München. 1832.

München,

in Kommission der Jos. Lindauer'schen Buchhandlung.

Gedruckt bey Franz Ser. Hübschmann.

1834.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Mair, Wilhelm

Vergleichende Würdigung der Verdienste J. Th. Desaguliers, W.'s Gravesande's und P. van Mussenbroek's um die Experimentalphysik

München 1834
Diss. 2030,15
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10847934-2